



ИНФОРМАЦИОННОЕ П И С Ь М О

От ЦБНТИ Минуглепрома СССР

УДК 622.3

О ВЛИЯНИИ ГЕОДИНАМИКИ И ХАРАКТЕРА ПРОТЕКАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Развитие горно-добывающей промышленности сопровождается постоянным увеличением глубины ведения горных работ, усложнением горно-геологических и геотехнических условий. Это проявляется в увеличении сложности и интенсивности физических процессов и явлений, протекающих в массиве горных пород.

Деформационные (геомеханические) процессы все чаще имеют такой характер, что управлять их воздействием на горные выработки с помощью технологических средств, принятых в настоящее время, уже невозможно. Только на основании анализа и прогноза механизма, природы и характера протекания деформационных процессов можно оценить состояние массива горных пород и принять технологические решения по повышению эффективности проведения и устойчивости горных выработок и специальных объектов.

Их устойчивость, условия проведения, в первую очередь, определяются напряженно-деформированным состоянием массива. При этом необходимо принимать во внимание, что массив горных пород — это часть земной коры (тектоносферы) и, следовательно, его напряженно-деформированное состояние определяется законами перераспределения деформационных полей и процессов, действующими в ней.

Сложный характер перераспределения деформационных полей и процессов в массиве приводит к увеличению объемов работ по ремонту выработок, увеличению частоты и интенсивности газодинамических явлений, появлению новых геодинамических явлений типа "сверхвзрывов" (при ведении БВР на шахтах Мерлебаха (Франция) и сейсмических явлений (горно-технических ударов, землетрясений).

Многообразие деформационных полей обусловлено природными факторами (горным давлением, тектоническими процессами, теплом Земли, современной геодинамикой отдельных участков земной коры, миграцией газов и флюидов в горном массиве). Работами ИПКОН АН СССР установлено, что применение новых технологий (например, щитовой выемки) вызывает появление новых видов деформационных процессов в земной коре, оказывающих влияние как на технологию обработки месторождений, так и на состояние охраняемых объектов.

При этом вопросы проведения и поддержания горных выработок необходимо рассматривать как единую реакцию массива на ведение очистных и подготовительных работ. Известно, что при очистных работах, дополнительное давление в разрабатываемом пласте перед лавой и по сторонам от нее во много раз превышает нормальное. По данным исследователей ФРГ, возможно (в зависимости от положения выемочного участка) 20-кратное увеличение давления по сравнению с нормальным, то есть на глубине 1000 м давление может быть равным 5000 бар (500 МПа) вместо нормальных 250 бар. Поэтому контур выработанного пространства на глубине 1 км может подвергаться давлению, равному природному давлению на глубине 20 км. При таких больших

давлениях в массиве горных пород, представляющем собой РТ-систему, возможно протекание сложных механохимических процессов и фазовые превращения H_2O , флюидов и газов, а следовательно, образование в массиве структурных зон с изменившимися свойствами.

Увеличение длины очистных забоев, насыщение их сложной дорогостоящей техникой потребовало увеличения сечения подводящих выработок, а значит, и их удорожания. В сложных условиях эти выработки требуют постоянного ремонта, значительных затрат.

Ряд ученых пытались описать распределение напряжений и деформаций вокруг выработки с помощью моделей, основанных на теории упругости. Однако область применения этой теории весьма ограничена, что связано с непостоянством свойств породного массива.

Поле напряжений и деформаций (геодеформационное поле) в массиве горных пород вокруг выработки подвержено временным изменениям в результате комплексного воздействия тектонических и гравитационных сил, общепланетных (приливных и свободных) колебаний Земли, процессов метаморфизма в горных породах, процессов тепло- и массопереноса, а также инженерной деятельности человека (проведение выработок, очистные работы в зоне их влияния на выработку, подземные ядерные взрывы и т.д.) и, следовательно, оно не может быть стационарным. Кроме того, в слоистых породах постоянно превышает предел упругости. Нестабильность системы, которую представляет реальный массив горных пород, часто выражается пластической деформацией, гистерезисом и релаксацией. Гистерезис означает деформацию, остающуюся после окончательной разгрузки, а релаксация - дальнейшую деформацию без увеличения нагрузки. При этом нагрузка в породной зоне вокруг выемочного штрека с деформацией породы и движением по поверхностям раздела уменьшается, то есть происходят явления, обратные законам теории упругости.

При проведении выработок во многих случаях наблюдается концентрация (локализация) сдвиговых деформаций, сопровождающаяся местным повышением температуры.

Процесс локализации деформации развивается одинаково у всех материалов и горных пород независимо от их состава и строения, зависит от вида напряженно-деформированного состояния, причем в одном и том же материале может наступить либо колебательное упрочнение - разупрочнение, либо устойчивое разрушение.

На рис. 1 показаны зависимости разрушающей пластической деформации для песчаника (кривая 2) и угля (кривая 1) от величины бокового давления. Характерно, что величина пластической деформации изменяется периодически, экстремумы повторяются через каждые 11-12 МПа, при этом величина деформации в экстремальных точках с ростом бокового давления уменьшается по экспоненте и стремится к постоянной величине 7,5%. Периодические изменения пластической деформации наблюдаются также и при смене вида деформационного состояния (сжатия - растяжения). Период изменения составляет $\frac{\Delta \mu}{\epsilon} = 0,4 - 0,6$ (рис. 2).

Отмеченные закономерности свидетельствуют о динамичности и цикличности рассматриваемых процессов деформирования и разрушения.

В компетентных слоях массива с высокой добротностью, где затухание деформационной волны невелико, происходят многократное отражение и возникновение чередующихся зон знакопеременных деформаций (растяжения, нулевых деформаций и сжатия). Необходимо учитывать, что в массиве горных пород действуют многочисленные периодические силы (приливные, гравитационные, полюсобежные, термоупругие и т.д.), способные в сочетании с тепло- и массопереносом вызвать резонансные явления и еще большее увеличение деформаций растяжения и сжатия в локализованных зонах, а это неизбежно приведет к локализации пластической деформации и последующему разрушению (дилатансии горных пород).

Так, например, исследования физико-механических свойств горных пород по керну длинных скважин (100 м), когда влияние выработки и зон ПГД практически исключается, свидетельствуют о том, что в песчаниках шахт им. А.А.Скочинского и им. А.Г.Стаханова зоны наименьшей прочности на сжатие (~ 40 МПа) и растяжение (~ 15 МПа) и зоны наибольшей прочности ($\sim 80-90$ МПа) и ($50-55$ МПа) соответственно повторяются через каждые 15-30 м. На этом фоне наблюдаются менее интенсивные периодические изменения прочности через каждые 1-2 м. Исследования деформаций в

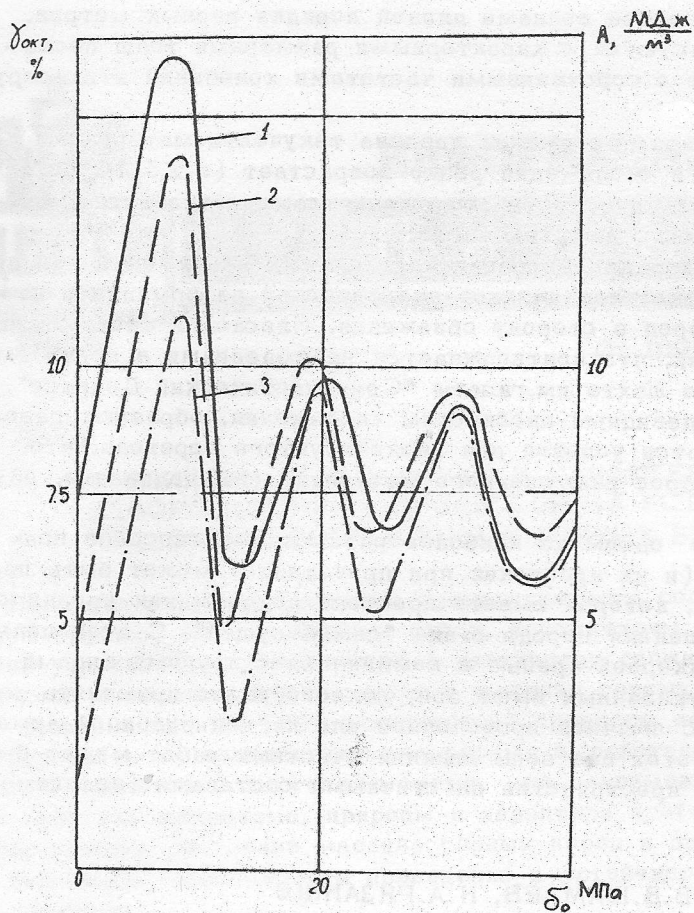


Рис.1. Зависимость разрушающей октаэдрической деформации ($\gamma_{окт}$) и энергоемкости разрушения (A) от величины бокового давления (δ_o): 1,2 - $\gamma_{окт}$ соответственно для угля пласта l_1 и песчаника $L_1S l_1$; 3 - A песчаника $L_1S l_1$

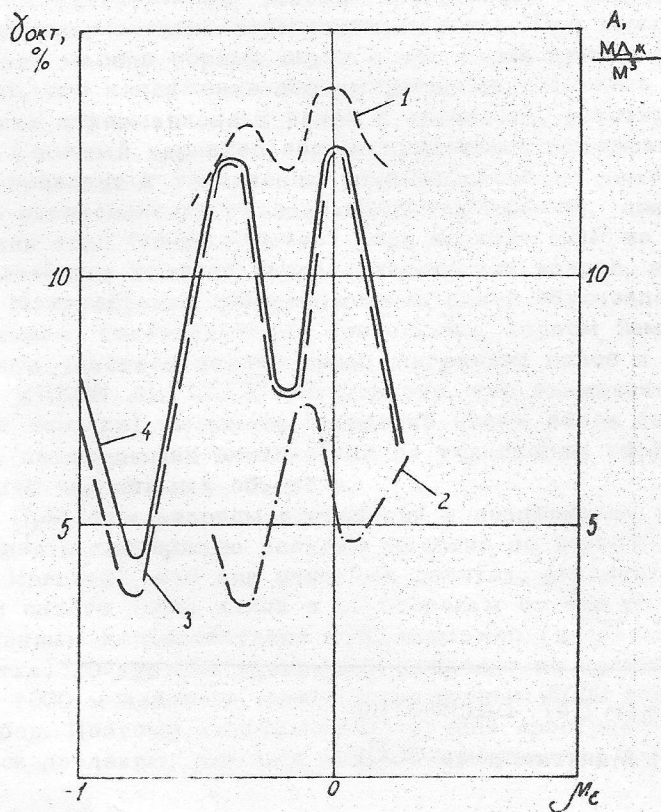


Рис. 2. Зависимость величины октаэдрической сдвиговой деформации ($\gamma_{окт}$) и энергоемкости разрушения (A) от вида деформационного состояния (M_ϵ) при $\delta_3 \geq 20$ МПа: 1 - $\gamma_{окт}$ угля пласта l_1 ; 2 - A угля пласта l_1 ; 3 - $\gamma_{окт}$ песчаника $L_1S l_1$; 4 - A песчаника $L_1S l_1$

горном массиве с помощью глубинных реперов-деформометров также свидетельствуют о периодическом изменении их величины в пространстве и времени. Длина основной волны 20-30 м с наложенными на нее волнами длиной порядка первых метров. Указанные длины волн хорошо согласуются с характерными размерами толщ песчаника и их отдельных слоев, а также с собственными частотами колебаний этих структурных элементов.

Следует также отметить, что при достижении предела текучести материала скорость деформирования в плоскости скольжения резко возрастает (с $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ для УНТС до $\sim 10^3 - 10^4 \text{ с}^{-1}$), то есть плоскость скольжения сама становится генератором деформационной волны довольно высоких частот.

Впереди забоя выработки в зонах концентрации касательных напряжений при достижении предела текучести происходит локализация пластической деформации и направленные движение (смещение) пород в сторону обнажения. Плоскости скольжения имеют вид логарифмических спиралей, что подтверждается наблюдениями в зонах выбросов при проведении выработки на шахте им. газеты "Социалистический Донбасс". Трещины, раскрывающиеся по спиралевидным плоскостям скольжения, образуют газо- и флюидопроводящие каналы, создаются условия для вязко-хрупкого перехода, что интенсифицирует массоперенос и отброс разрушенного материала (выдавливание, обрушение, выброс).

На основании вышеизложенного одним из наиболее оптимальных способов поддержания устойчивости выработок (и их крепления при проведении) может быть переход к использованию такой крепи, которая вместо простого поддержания кровли способствовала бы тому, чтобы разрушенная порода стала "самонесущей". С этой целью необходимо выполнять крепление анкерной крепью в комбинации с другими видами крепи. При обнаружении геологом указанных выше зон, целесообразно применять радиальное анкерование в сочетании с обычной проволочной или легкой рулонной арматурной сеткой. Устойчивость выработок вне зоны влияния очистных работ может быть обеспечена тампонажем закрепного пространства пластичными составами (водоцементные растворы и т.п.).

Составители В.В.ШАМАЕВ, Н.А.РЯЗАНЦЕВ

Сдано в производство 29.05.89.
Офф.печ. Тираж 500. Заказ 868. Объем 0,47. Бесплатно.
ЦБНТИ Минуглепрома СССР.
Цех оперативной полиграфии ЦБНТИ Минуглепрома СССР.
340000, г.Донецк, ул.Артема, 60